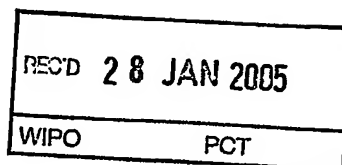


PCT/FR 2004/002925



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 30 Nov. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

RÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

BEST AVAILABLE COPY

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 • W / 210502

<b>REMISE DES PIÈCES</b> <b>DATE</b> 17 NOV 2003 <b>LIEU</b> 75 INPI PARIS 34 SP <b>N° D'ENREGISTREMENT</b> 0313418 <b>NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI</b> <b>DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI</b> 17 NOV. 2003		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b> Cabinet BALLOT 122, rue Edouard Vaillant 92593 LEVALLOIS-PERRET CEDEX	
<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b> 017028 FR JPG/uh			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N° _____ Date _____ N° _____ Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/> N° _____ Date _____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> ANTENNE CRUCIFORME A SOUS-ANTENNES LINEAIRES ET TRAITEMENT ASSOCIE.			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b>		<input type="checkbox"/> Personne morale <input checked="" type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		CORTAMBERT	
Prénoms		Jean-Marc	
Forme juridique			
N° SIREN		_____	
Code APE-NAF		_____	
Domicile ou siège	Rue	226, Chemin des Pélicans	
	Code postal et ville	18 13 0 0 0 TOULON	
	Pays	FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)		N° de télécopie (facultatif)	
Adresse électronique (facultatif)			
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page

REMISE DES PIÈCES DATE <b>17 NOV 2003</b> LIEU <b>75 INPI PARIS 34 SP</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0313418</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI
<b>6 MANDATAIRE</b> (voir 1122)		
Nom		BENTZ
Prénom		Jean-Paul
Cabinet ou Société		Cabinet BALLOT
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		
Adresse	Rue	122, rue Edouard Vaillant
	Code postal et ville	91215 LEVALLOIS-PERRET
	Pays	FRANCE
N° de téléphone (facultatif)		
N° de télécopie (facultatif)		
Adresse électronique (facultatif)		
<b>7 INVENTEUR (S)</b>		
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non : Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		
		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b>		
Le support électronique de données est joint		<input type="checkbox"/>
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/>
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) BENTZ Jean-Paul Mandataire - N° 99-0308 Cabinet BALLOT		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>  L. MARIELLO

## ANTENNE CRUCIFORME A SOUS-ANTENNES LINEAIRES ET TRAITEMENT ASSOCIE

L'invention porte de façon générale sur les antennes, et en particulier sur la structure de l'antenne et l'architecture du traitement des données issues des capteurs de telles antennes lorsqu'elles sont employées en réception.

Il est connu dans le domaine du radar d'utiliser des antennes surfaciques à formation de faisceaux par le calcul, destinées à détecter, localiser et classifier des cibles ou des sources. Une telle antenne est généralement constituée d'une matrice comprenant jusqu'à plusieurs milliers de capteurs disposés pour former une surface plane rectangulaire. Ces capteurs ont généralement un diagramme de directivité identique. Ce diagramme de directivité élémentaire n'a pas la résolution suffisante pour les performances requises de l'antenne en localisation. Un dispositif de 5 génération de faisceaux réalise une combinaison (par exemple une combinaison linéaire) des signaux générés par les capteurs afin de former les directivités requises en site et en gisement. 10

Une telle antenne présente des inconvénients. Pour une précision donnée de la localisation en site et en gisement, cette antenne est très coûteuse et difficilement 15 intégrable sur une plate-forme fixe ou mobile, comme un bâtiment naval, un aéronef, un véhicule terrestre ou un véhicule spatial.

Il existe donc un besoin pour une antenne résolvant un ou plusieurs de ces inconvénients. L'invention a ainsi pour objet une antenne comprenant :

- 20 -une première et une deuxième sous-antennes :
  - présentant chacune une pluralité de capteurs agencés pour former respectivement des première et deuxième portions de lignes, chaque capteur générant un signal de base;
  - l'angle entre des vecteurs directeurs respectifs des première et deuxième 25 tangentes au milieu respectivement des première et deuxième portions étant compris entre  $30^{\circ}$  et  $150^{\circ}$ ;

-un dispositif de traitement d'antenne formant plusieurs signaux combinés pour chaque portion de ligne, ce signal étant une combinaison des signaux de base des capteurs de cette portion;

5 -un dispositif de traitement de signal générant des signaux utiles en filtrant le bruit des signaux combinés provenant de chaque portion ;

-un dispositif de calcul des coefficients de corrélation entre les signaux utiles de la première portion de ligne et les signaux utiles de la deuxième portion de ligne ;

-un dispositif générant un signal de détection lorsqu'un coefficient de corrélation dépasse un seuil prédéterminé.

10

Selon une variante, l'antenne comprend en outre un dispositif de détection de cible, comparant chaque coefficient de corrélation calculé à un seuil prédéfini associé, détectant et localisant une cible lorsqu'un coefficient de corrélation dépasse le seuil associé.

15

Selon encore une variante, l'antenne comprend un dispositif de traitement du signal de détection et des coefficients de corrélation générant des informations concernant la cible détectée. Selon une autre variante, l'information générée comprend la distance, le site, le gisement et la vitesse de la cible. L'antenne peut également comprendre un dispositif affichant les informations générées.

20

Selon une autre variante, chaque capteur comprend plusieurs capteurs élémentaires choisis dans le groupe constitué des capteurs radar, radio-électriques, électromagnétiques, hydrophones, transducteurs, microphones, ultra-son, accéléromètres, optiques ou infrarouge.

25 On peut prévoir que les capteurs élémentaires soient émissifs et que le dispositif de traitement de données traite les signaux combinés en fonction du signal émis par chaque capteur, le traitement comprenant par exemple une compression d'impulsion.

30 Selon une variante, l'antenne comprend en outre un émetteur, le dispositif de traitement de données traitant les signaux combinés en fonction du signal émis par l'émetteur, le traitement comprenant par exemple une compression d'impulsion.

Selon encore une variante, les première et deuxième portions sont des courbes sans point d'inflexion. On peut prévoir que les première et deuxième portions soient droites et orientées respectivement en site et en gisement. Ces portions droites ne sont préférentiellement pas parallèles.

5

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront clairement à la lecture de la description suivante qui est donnée à titre d'exemple non limitatif et en regard des figures. Ces figures montrent:

-Figure 1, une représentation schématique d'un exemple de structure d'antenne et d'architecture du traitement de données issues des capteurs de telles antennes selon l'invention;

-Figures 2 à 4, des diagrammes comparatifs de localisation de source pour différents cas;

-Figures 5 à 14, plusieurs schémas illustrant des exemples de structures de sous-antennes.

Un capteur désignera par la suite un dispositif comprenant un ou plusieurs capteurs élémentaires. Un capteur présentant plusieurs capteurs élémentaires génère un signal de base à partir des signaux des capteurs élémentaires de façon connue en soi.

Afin d'améliorer les performances d'un capteur, il est courant d'utiliser un module regroupant plusieurs capteurs. Le terme capteur utilisé par la suite couvre également un module de capteurs, car un capteur et un module de capteurs sont fonctionnellement identiques pour le traitement d'antenne.

Le traitement d'antenne désignera un traitement de signal des capteurs qui forme, par combinaison des signaux des capteurs, des signaux appelés voies ou faisceaux qui privilégient une direction de propagation dans l'espace de la grandeur physique. Les combinaisons de signaux mentionnées par la suite seront par exemple des combinaisons linéaires de ces signaux.

L'invention propose une antenne comprenant au moins deux sous-antennes, chacune munie de capteurs formant une portion de ligne. Les deux portions de ligne

sont définies de la façon suivante: on forme les tangentes au milieu de chaque portion de ligne. L'angle entre des vecteurs directeurs de ces tangentes doit alors être compris entre  $30^\circ$  et  $150^\circ$ . Les orientations des portions de lignes sont ainsi suffisamment distinctes pour que l'antenne récupère des informations suffisantes suivant deux axes distincts considérés comme orthogonaux. Chacune des sous-antennes présente un dispositif de traitement d'antenne qui génère un ou plusieurs signaux combinés. Chacune des sous-antennes présente un dispositif de traitement de signal appliqué aux signaux combinés, qui fournit un ou plusieurs signaux utiles. Ces signaux utiles sont des combinaisons des signaux combinés, destinées à en extraire le bruit. Ces signaux utiles sont générés avant le traitement de corrélation. L'antenne présente en outre un dispositif de calcul des coefficients de corrélation entre les signaux utiles d'une sous-antenne avec les signaux utiles de l'autre sous-antenne. L'information en résolution est obtenue par le calcul plutôt que par l'augmentation du nombre des capteurs.

On va décrire un exemple simplifié d'antenne en référence à la figure 1. L'antenne 1 de la figure 1 comprend deux sous-antennes 2 et 3. Les sous-antennes 2 et 3 comprennent chacune plusieurs capteurs, respectivement 21 à 2M et 31 à 3N. Les capteurs 21 à 2M sont agencés pour sensiblement former une première portion de ligne. Les capteurs 31 à 3N sont agencés pour sensiblement former une deuxième portion de ligne.

Les première et deuxième portions de lignes de la figure 1 vérifient la condition d'orientation définie auparavant: ces portions de lignes sont en l'occurrence des segments de droite placés dans un même plan et orthogonaux. L'angle entre les vecteurs directeurs peut être dans une plage appropriée choisie par l'homme de métier. On peut notamment envisager que cet angle soit compris dans les plages suivantes :  $[40^\circ; 140^\circ]$ ,  $[50^\circ; 130^\circ]$ ,  $[60^\circ; 120^\circ]$ ,  $[70^\circ; 110^\circ]$ ,  $[80^\circ; 100^\circ]$ ,  $[85^\circ; 95^\circ]$ , ou  $[89^\circ; 91^\circ]$ . Les capteurs 21 à 2M sont en l'occurrence utilisés pour la détermination du site d'une source ou d'une cible, tandis que les capteurs 31 à 3N sont utilisés pour déterminer son gisement.

Ces capteurs comprennent un ou plusieurs capteurs élémentaires non illustrés, du type adéquat. Un capteur présentant plusieurs capteurs élémentaires génère un signal de base à partir des signaux des capteurs élémentaires de façon connue en soi.

Chaque capteur génère donc un signal de base qui peut subir un traitement de signal particulier avant le traitement d'antenne. Les capteurs d'une portion peuvent présenter une directivité identique et être équirépartis sur cette portion. Les capteurs 21 à 2M génèrent respectivement les signaux de base G1 à GM illustrés par  $G_i'$ . Les capteurs 5 31 à 3N génèrent respectivement les signaux de base S1 à SN illustrés par  $S_j'$ . Par la suite, l'indice  $i'$  désignera tous les signaux ou nombres associés à un capteur  $2i'$ . Ainsi le signal G4 est associé au capteur 24. De façon similaire, l'indice  $j'$  désignera tous les signaux ou nombres associés à un capteur  $3j'$ . Ainsi, le signal S2 est associé au capteur 32.

10 Un dispositif de traitement d'antenne 4 forme un signal combiné des capteurs d'une portion, de façon connue en soi. Le dispositif de traitement d'antenne 4 génère ainsi les signaux combinés  $VG_i$  associés aux signaux  $G_i'$ . Un dispositif de traitement d'antenne 5 forme un signal combiné des capteurs de l'autre portion, de façon connue en soi. Le dispositif de traitement d'antenne 5 génère ainsi les signaux combinés  $VS_j$  15 associés aux signaux  $S_j'$ . Les signaux combinés visent, entre autres, à former des lobes de directivité de l'antenne utilisée en réception.

Chacune des sous-antennes présente un dispositif de traitement de signal traitant des signaux provenant du traitement d'antenne. Ce dispositif de traitement de signal fournit un ou plusieurs signaux combinés utiles à la sortie de chaque sous- 20 antenne.

Les dispositifs de traitement de signal 6 et 7 extraient le signal utile du bruit, de façon connue en soi. Les dispositifs 6 et 7 traitent ainsi respectivement les signaux combinés  $VG_i$  et  $VS_j$  pour générer les signaux combinés utiles  $TG_i$  et  $TS_j$ . Les dispositifs de traitement de signal 6 et 7 peuvent aussi être accouplés au dispositif 25 d'émission de l'antenne si elle est du type émettrice/réceptrice ou d'une autre antenne si l'antenne est du type réceptrice seulement, afin d'effectuer un traitement tenant compte des signaux émis de façon connue en soi, comme la compression d'impulsion.

Le dispositif de calcul 8 calcule les coefficients de corrélation temporelle ou 30 fréquentielle (selon que les traitements ont été effectués dans le domaine temporel ou fréquentiel) entre les signaux combinés utiles  $TG_i$  de la première portion et les

signaux combinés utiles  $TS_j$  de la deuxième portion. On forme ainsi la matrice  $[C_{ij}]$  des coefficients de corrélation. Des détails concernant le calcul de ces coefficients sont donnés par la suite. Le dispositif de calcul 8 exploite également les coefficients de corrélation  $[C_{ij}]$  afin de détecter une cible et générer un signal de détection. Un

5 fonctionnement possible est le suivant : un dispositif de détection (inclus dans le dispositif de calcul 8 dans l'exemple) compare chaque coefficient de corrélation à un seuil respectif prédéfini. Lorsqu'un coefficient de corrélation donné est en dessous de son seuil prédéfini, on considère qu'aucune source ou cible ne se trouve à l'intersection des deux lobes de directivité  $V_{Gi}$  et  $V_{Sj}$ . Lorsqu'un coefficient de

10 corrélation dépasse son seuil prédéfini, on considère au contraire qu'une source ou cible se trouve à l'intersection des deux lobes de directivité. Un signal de détection associé au résultat de la comparaison peut ainsi être généré sous forme de valeur binaire. L'ensemble des signaux peut alors être agencé dans une matrice  $[R_{ij}]$ . Le seuil est défini en fonction des performances souhaitées de l'antenne et du dispositif

15 de traitement de données associé (incluant le traitement d'antenne, le traitement de signal et le traitement d'information), en terme de probabilité de détection et de fausse alarme.

Dans le cas des traitements d'antennes connus par l'homme de métier, si l'antenne de la figure 1 est du type émission/réception, le diagramme de directivité à

20 l'émission de l'antenne est celui d'un lobe en forme de croix et par réciprocité le diagramme de directivité à la réception est le même qu'à l'émission. Avec la structure d'antenne présentée, l'association des traitements d'antenne et de signal permet d'obtenir les mêmes informations que celles obtenues par une antenne plane dont le lobe de directivité en réception serait aussi fin que le centre de la croix formée par le

25 lobe de directivité. De plus, toujours dans le cas des traitements d'antennes connus par l'homme de métier, si l'antenne de la figure 1 n'effectue pas de traitement de corrélation entre les signaux provenant des sous-antennes, les performances de détection sont celles des sous-antennes seules. Ces performances sont nettement inférieures à celles obtenues par l'antenne de l'invention.

30 Le dispositif de traitement 9 peut effectuer des étapes supplémentaires de traitement d'information, pour améliorer par exemple les performances de probabilité

de fausse alarme ou pour déterminer la vitesse, la distance d'une cible ou toutes autres informations utiles. Le dispositif de traitement 9 vise ainsi à rendre les informations exploitables par un opérateur ou un dispositif de traitement. Ce dispositif 9 reçoit en entrée des données telles que la matrice  $[C_{ij}]$ , la matrice  $[R_{ij}]$  ou toutes données  
 5 similaires. L'ensemble des informations déterminées peut être restitué aux utilisateurs par un dispositif d'affichage 10 adéquat, connu en soi.

Les figures 5 à 14 illustrent différentes géométries de portions de lignes des sous-antennes, utilisables dans le cadre de l'invention.

10 La figure 5 illustre une sphère à la surface de laquelle sont disposés des capteurs. Les portions de ligne de capteurs d'une sous-antenne sont formées sélectivement par des arcs de ces cercles de capteurs. Les cercles et arcs de cercle seront désignés par des points leur appartenant. La sphère de la figure 5 présente ainsi les cercles de capteurs EAOB, ASBN, ESON. Les traitements détaillés auparavant  
 15 peuvent être effectués sur différents couples de portions de lignes. Les couples de portions de l'antenne cruciforme peuvent être ; EAO avec NAS ; OBE avec SBN ; SON avec AOB ; NES avec BEA ; ONE avec BNA ; ESO avec ASB ; ou bien les mêmes couples avec des sous-portions de ces portions comme par exemple EAO avec NA, ou bien une portion formée par un point du segment EA et un point du segment  
 20 AO avec une portion formée par un point du segment NA et un point du segment AS et ainsi de suite.

Les portions de ligne formées par les capteurs des sous-antennes peuvent ainsi être orientées suivant des lignes géodésiques orthogonales de la surface. Lorsqu'une portion de ligne a la forme d'une courbe fermée, son milieu sera déterminé comme un  
 25 point au niveau duquel la distance avec la portion de l'autre sous-antenne est la plus réduite.

La figure 6 illustre un satellite présentant des sous-antennes 62 et 63 disposées sur des panneaux solaires orientés suivant deux directions orthogonales.

La figure 7 illustre un avion présentant des portions de ligne 73 formées par  
 30 les capteurs de sous-antennes, disposées transversalement respectivement sur ou sous

les ailes, et une portion de ligne 72 formée par les capteurs disposés axialement respectivement sur ou sous le fuselage.

La figure 8 illustre un missile présentant des portions 82 disposées axialement sur le fuselage, et une portion circulaire 83 entourant une section transversale du fuselage.

La figure 9 illustre un autre missile dans lequel de multiples portions de ligne sont disposées dans une section transversale du missile.

La figure 10 illustre des portions de ligne de sous-antennes adaptées à un sous-marin. la portion 102 s'étend axialement à la surface de la coque. La portion 103 s'étend transversalement entre le kiosque et la coque.

La figure 11 illustre un véhicule présentant une plate-forme supportant deux portions orthogonales 112 et 113.

La figure 12 illustre une antenne tournante autour de son axe vertical. Une portion rectiligne 123 s'étend sur l'axe du montant de l'antenne. Une portion 122 rectiligne s'étend sur la partie supérieure de l'antenne.

La figure 13 illustre une antenne fixe. Des portions rectilignes 133 s'étendent respectivement sur plusieurs faces du montant. Une portion circulaire 132 s'étend sur la partie supérieure de l'antenne.

La figure 14 illustre encore une antenne fixe. La partie supérieure présente une forme de parallélépipède rectangle. Chaque face latérale présente une portion rectiligne verticale 143 et une portion rectiligne horizontale 142.

On peut prévoir différentes limitations concernant la forme des portions linéaires. On peut notamment envisager qu'au moins une portion présente une forme courbe. On peut prévoir qu'une telle courbe ne présente pas de point d'inflexion. On peut aussi envisager que la variation de courbure soit limitée.

On peut ainsi limiter la courbure à proximité du milieu de la portion. On définit  $L$  la longueur de la portion et  $d$  la distance curviligne entre un point et le milieu de la portion. Pour tout point tel que  $d/L < 0,1$ , on peut prévoir que l'angle entre un vecteur directeur de la tangente en ce point et un vecteur directeur de la tangente au milieu ne soit pas inclus dans la plage  $[45^\circ; 135^\circ]$ .

On peut prévoir qu'une portion de sous-antenne soit conforme, c'est-à-dire qu'elle ait une forme épousant la forme non rectiligne de son support, et qu'un traitement des signaux des modules rend cette portion de sous-antenne équivalente à une portion de sous-antenne rectiligne. On peut notamment appliquer un tel traitement à une portion fixée à la surface de la carlingue, d'une aile ou d'un empennage d'un avion. Le traitement des antennes conformes est une technique connue par l'homme de métier.

Les deux portions de lignes peuvent être disposées à une distance les séparant suffisante pour qu'un couplage entre leurs capteurs soit faible. Mais les deux portions peuvent être sécantes, il peut y avoir ;

- soit un capteur commun aux deux portions: cela implique que le coefficient de corrélation pour ce capteur se réduit à son coefficient d'auto-corrélation ;

- soit un trou dans une des deux portions : ce cas correspond à des antennes lacunaires connues en soi par l'homme de métier.

Bien qu'on ait illustré uniquement ces types d'antennes dans les différentes figures, on peut également envisager d'appliquer l'invention à une antenne présentant une matrice de forme rectangulaire de capteurs. On fractionne alors la matrice en portions de sous-antennes telles que définies auparavant. On peut notamment délimiter plusieurs lignes et colonnes et calculer des coefficients de corrélation pour plusieurs couples de ligne-colonne. On peut également envisager plus de deux portions de sous-antennes présentant des orientations telles que définies auparavant et ne formant pas une matrice et calculer des coefficients de corrélation pour plusieurs couples de ces portions. Les calculs des coefficients de corrélation pour différents couples peuvent être croisés pour améliorer les performances de l'antenne.

25

Dans une application à un sonar, on peut utiliser une antenne passive, dont les capteurs sont des hydrophones ou une antenne active dont les capteurs sont des transducteurs. Le dispositif de traitement formant le signal combiné réalise notamment une fonction de formation de voies.

30

Dans une application de l'antenne à un radar, on utilise une antenne en réception et les capteurs des modules sont adaptés pour une capture de signaux radars.

Le dispositif de traitement formant le signal combiné réalise notamment une fonction de formation de faisceaux.

Pour réaliser le calcul du coefficient de corrélation temporelle de signaux vidéo complexes (par exemple TGi et TSj dans l'exemple de la figure 1), particulièrement adaptée à une application radar, on peut calculer les coefficients de [Cij] de la façon suivante:

Soient X(t) et Y(t) des signaux aléatoires complexes, non périodiques, centrés et stationnaires du deuxième ordre. On définit la fonction de corrélation des deux signaux comme l'espérance mathématique du produit de X(t) par le complexe conjugué de Y(t-τ), τ étant le décalage temporel entre les deux signaux.

$$\text{corrélation}_{XY}(\tau) = E[X(t)Y^*(t-\tau)] = \int_{\Omega} X(t, \omega) Y^*(t-\tau, \omega) dP(\omega)$$

Dans le cas de signaux ergodiques, la fonction de corrélation vérifie l'égalité suivante:

$$\text{corrélation}_{XY}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} X(t) Y^*(t-\tau) dt$$

Dans la pratique l'intégrale se calcule sur un intervalle de temps fini qui correspond à la durée d'intégration.

L'homme de métier saura adapter les formules aux cas des signaux périodiques, non centrés ou ne vérifiant pas toutes les propriétés statistiques citées auparavant.

On définit la fonction de corrélation normée entre les des deux signaux :

$$C_{XY}(\tau) = \frac{\text{corrélation}_{XY}(\tau)}{\sqrt{\text{corrélation}_{XX}(0)} \sqrt{\text{corrélation}_{YY}(0)}}$$

L'utilisation de coefficients de corrélation normés permet de réaliser une détection de cible sans se soucier des différences de niveaux entre X et Y.

Du fait que la fonction de corrélation tend vers zéro lorsque  $\tau$  tend vers l'infini, on considère dans la pratique que le décalage temporel  $\tau$  est borné. Par exemple, si  $\tau$  est compris dans l'intervalle de temps  $[-\tau_{\max}, \tau_{\max}]$ , alors il existe une valeur  $\tau_0$  de  $\tau$  pour laquelle la fonction de corrélation normée atteint son maximum  $C_{XY}$ , coefficient de corrélation maximum entre les deux sous-antennes.

$$C_{XY} = |C_{XY}(\tau = \tau_0)| = \max_{\tau \in [-\tau_{\max}, \tau_{\max}]} |C_{XY}(\tau)|$$

Le décalage temporel  $\tau_0$  est déterminé par la géométrie de l'antenne. Dans le cas de deux sous-antennes identiques sécantes en leur centre, la maximum  $C_{XY}$  est atteint pour  $\tau_0=0$ .

Les coefficients de corrélation maximum  $C_{ij}$  sont obtenus en remplaçant les signaux aléatoires  $X(t)$  et  $Y(t)$  par les signaux combinés utiles vidéo complexes tels que définis auparavant  $TG_i$  et  $TS_j$ . Les coefficients de corrélation  $C_{ij}$  forment donc une matrice  $[C_{ij}]$ , dont les valeurs sont comprises entre 0 et 1.

Une valeur de coefficient de corrélation maximum  $C_{ij}$  supérieure à un seuil de corrélation prédéfini implique qu'au moins une source ou une cible est détectée à l'intersection virtuelle des lobes de directivités des deux sous-antennes  $2i$  et  $3j$ . Dans le cas de la figure 1, on détermine la présence d'une source ou cible à l'intersection du site  $i$  et du gisement  $j$ .

Une autre méthode de calcul, basée sur l'exploitation de signaux combinés réels, permet de simplifier l'étape de calcul. Les coefficients de corrélation sont alors déterminés de la façon suivante:

$$\text{corrélation}_{X,Y}(\tau) = \frac{1}{2} \left( E[|X(t) + Y(t-\tau)|^2] - E[|X(t)|^2] - E[|Y(t)|^2] \right)$$

Ou encore

$$\text{corrélation}_{X,Y}(\tau) = \frac{1}{4} \left( E[|X(t) + Y(t-\tau)|^2] - E[|X(t) - Y(t-\tau)|^2] \right)$$

Cette méthode permet d'obtenir les coefficients de corrélation directement à partir des puissances des signaux en effectuant simplement des sommations ou des soustractions.

Par ailleurs, on peut envisager d'exclure des signaux trop faibles de la  
 5 détection. Ainsi, on peut au préalable calculer le dénominateur du coefficient de corrélation mentionné ci-dessous, et le comparer à un seuil minimal. Lorsque le coefficient de corrélation est inférieur au seuil minimal, le coefficient de corrélation correspondant n'est pas pris en compte pour la détection, ce qui revient à lui donner une valeur nulle. On peut ainsi réduire de façon importante la durée d'intégration  
 10 nécessaire pour des performances similaires. En variante, on peut également comparer chaque seuil du dénominateur à un seuil respectif.

Pour garantir un résultat optimal, il est souhaitable que l'acquisition des  
 15 signaux utilisés pour le calcul de corrélation soit synchrone.

Bien qu'on ait décrit une solution de calcul de corrélation dans le domaine temporel, on peut également envisager d'effectuer les calculs des coefficients de corrélation dans le domaine fréquentiel, par exemple pour une application de l'antenne à un sonar. Les coefficients de corrélation dans le domaine fréquentiel  
 20 peuvent être déterminés à partir de la fonction de cohérence définie de la façon suivante.

Les transformées de Fourier des fonctions de corrélation de deux signaux X et Y précédemment définies sont les densités inter-spectrales (ou encore densité spectrale d'interaction).

25

$$\text{Transformée de Fourier (corrélation } XY)(f) = S_{XY}(f)$$

De même, les transformées de Fourier des fonctions de corrélation des signaux X et Y précédemment définies sont les densités spectrales de puissance des  
 30 signaux X et Y.

Transformée de Fourier(corrélation<sub>XX</sub>)(f)=S<sub>XX</sub>(f)

Transformée de Fourier(corrélation<sub>YY</sub>)(f)=S<sub>YY</sub>(f)

La fonction de cohérence de entre X et Y est définie par

$$c_{XY}(f) = \text{cohérence}_{XY}(f) = \frac{S_{XY}(f)}{\sqrt{S_{XX}(f)} \sqrt{S_{YY}(f)}}$$

- 5 Le calcul des coefficients de cohérence se généralise pour toutes bandes de fréquences d'analyse B<sub>f</sub>. Dans ce cas le calcul de la fonction de cohérence devient

$$c_{XY}(f) = \text{cohérence}_{XY}(B_f) = \frac{\int_{B_f} S_{XY}(f) df}{\sqrt{\int_{B_f} S_{XX}(f) df} \sqrt{\int_{B_f} S_{YY}(f) df}}$$

- On peut prévoir que les dispositifs de traitement d'antenne 4 et 5 pondèrent  
10 les signaux de base des capteurs en fonction de différences de directivité ou de sensibilité, avant de réaliser la combinaison (par exemple linéaire) de ces signaux.

- Les dispositifs de traitement d'antenne peuvent également comprendre un traitement adaptatif qui a pour fonction d'éliminer un signal parasite, comme celui  
provenant d'un brouilleur ou tout autre traitement qui permettent d'améliorer les  
15 fonctionnalités et les performances de l'antenne et du traitement de données associé.

- Les dispositifs de traitement de signal 6 et 7 des signaux combinés peuvent réaliser: des filtres passe-bande, des filtres Doppler ou MTI, des traitements de compression d'impulsion ou des mesures d'écartométrie ou tout autre traitement qui  
permettent d'améliorer les fonctionnalités et les performances de l'antenne et du  
20 traitement de données associé.

- Bien que cela n'ait pas été représenté, l'antenne peut inclure des étages de traitement de données adéquats, fournissant des informations appropriées aux opérateurs. De façon générale, le calcul des coefficients de corrélation sera effectué de préférence après une étape de traitement d'antenne et une étape de traitement du  
25 signal. Le calcul des coefficients de corrélation sera généralement suivi d'une étape de seuillage et de traitement d'information.

Les étages de traitement d'information, correspondant aux dispositifs 8 à 10 sur la figure 1, ont par exemple pour fonction de détecter, localiser ou afficher la présence d'une source ou d'une cible.

5 Dans le cas des signaux discrets, le calcul des coefficients de corrélation peut être effectué sur un nombre N d'échantillons des signaux combinés utiles. L'homme de métier déterminera le nombre d'échantillons nécessaire en fonction des probabilités souhaitées de détection et de fausse alarme.

10 Par exemple dans le domaine temporel, on considère N échantillons temporels des signaux complexes X et Y et on fait l'hypothèse que le maximum  $C_{XY}$  est atteint pour  $\tau_0=0$ .

$$C_{XY} = \frac{\left| \sum_{t=1}^N X(t) Y^*(t) \right|}{\sqrt{\sum_{t=1}^N |X(t)|^2} \sqrt{\sum_{t=1}^N |Y(t)|^2}}$$

15 Si on élimine les signaux trop faibles en faisant un test sur le dénominateur comme cela a été décrit précédemment, alors on arrive à réduire de façon importante le nombre d'échantillons N nécessaires pour des performances similaires en probabilité de fausse alarme et de détection.

Des études et des essais comparatifs ont été réalisés. L'antenne selon l'invention présente deux portions droites perpendiculaires composées chacune de 25 modules, soit au total 50 modules. L'antenne de référence présente une matrice de 100 modules répartis sur une surface carrée. Les antennes ont été comparées lors des études selon trois types de cible connus par l'homme de métier: cible non fluctante, cible lentement fluctante et cible rapidement fluctante. Pour les essais, l'émetteur utilisé comprend un synthétiseur émettant un signal à 9,345 GHz, découpé en impulsions par un commutateur. Les voies des antennes ont été transposées en fréquence et numérisées à une fréquence d'échantillonnage de 1 MHz. On a testé les capacités de détection des antennes en fonction du rapport signal à bruit en pointant les antennes en direction de l'émetteur. On a par ailleurs testé les capacités des

antennes à rejeter les cibles hors du lobe de détection, en dépointant l'antenne en gisement. L'influence d'un brouilleur (générateur de bruit de fond important) à proximité de l'émetteur a également été testée. Le brouilleur a été simulé par une modulation de fréquence du synthétiseur.

5            Toutes choses étant égales par ailleurs, les deux antennes obtiennent une même probabilité de détection lorsque le nombre d'échantillons  $N$  de l'antenne de l'invention avec le procédé de test du dénominateur est 5 fois supérieur à celui de l'antenne de référence, pour une cible non fluctuante et lentement fluctuante ; pour une cible rapidement fluctuante, l'antenne de l'invention avec le procédé de test du  
10 dénominateur obtient une meilleure probabilité de détection lorsque le nombre d'échantillons  $N$  est 4 fois supérieur à celui de l'antenne de référence. Cette amélioration de performance de l'antenne de l'invention avec le procédé de test du dénominateur peut s'illustrer par le rapport signal à bruit nécessaire pour obtenir une probabilité de détection de 0,9 lorsque la probabilité de fausse alarme est de  $10^{-4}$ , de  
15 6dB inférieur à celui de l'antenne de référence.

De plus, pour un nombre de modules réduit de moitié, l'antenne de l'invention permet alors d'obtenir les mêmes performances en probabilité de détection et en probabilité de fausse alarme que l'antenne de référence. On comprend également que ces performances de l'antenne de l'invention seraient sensiblement meilleures que  
20 celles d'une antenne de référence présentant un même nombre de modules, à condition de diminuer suffisamment le niveau des lobes secondaires par rapport à celui du lobe principal.

Du point de vue théorique le calcul des coefficients de corrélation s'apparente à une intégration non cohérente qui se distingue des intégrations cohérentes  
25 habituellement réalisées sur les antennes. La détection non cohérente peut être prolongée sur un temps plus long que l'intégration cohérente. Les lobes secondaires associés au traitement de l'antenne de l'invention se répartissent ainsi aléatoirement sur le plan perpendiculaire au lobe central (dans l'exemple, le plan site-gisement) et non de façon déterministe. On constate donc, comme illustré aux figures 2 à 4, que  
30 l'antenne n'accroche pas de cible sur les lobes secondaires.

L'antenne de l'invention présente par ailleurs une résolution 2,5 fois supérieure à celle de l'antenne de référence, du fait de la longueur supérieure des portions de ligne par rapport aux côtés du carré de l'antenne de référence.

Le procédé de test du dénominateur du coefficient de corrélation a permis en pratique de réduire par 3 le nombre nécessaire d'échantillons pour un niveau de performances donné.

Les figures 2 à 4 illustrent le diagramme de détection D1 d'une antenne classique, comparé avec les diagrammes D2 et D3 d'une antenne cruciforme, dans différents cas. D1 correspond au diagramme généré par l'antenne de référence, D2 au diagramme généré par l'antenne selon l'invention et D3 est le diagramme obtenu à partir de D2 après seuillage.

La figure 2 identifie les performances de localisation en présence d'une cible unique. On constate que les diagrammes D2 et D3 présentent un tracé très net autour de la cible 91 détectée. Par contraste, les lobes secondaires de l'antenne classique donnent un contour flou de la cible 91 dans le diagramme D1.

La figure 3 identifie les performances de localisation en présence d'une cible unique et d'un brouilleur à proximité. On constate sur les diagrammes D2 et D3 que la cible 91 et le brouilleur 92 sont correctement localisés. On constate en outre que le tracé de la cible et du brouilleur sont beaucoup plus nets dans D2 et D3 que dans D1.

La figure 4 identifie les performances de localisation en présence de deux cibles 93 et 94. On constate que D2 et D3 présentent une résolution supérieure à D1. D2 et D3 permettent de distinguer les deux cibles 93 et 94, contrairement à D1.

Afin que la présence d'un brouilleur au même emplacement que la cible ne réduise pas les performances de localisation de l'antenne, celle-ci peut réaliser les étapes suivantes: localiser le brouilleur et pointer vers le brouilleur, mesurer le signal provenant du brouilleur, retrancher ce signal des signaux mesurés ultérieurement par les modules. L'inclinaison des sous-antennes, par exemple à 45° par rapport à leur axe initial permet également de réduire l'influence d'un brouilleur sur les mesures.

Bien que l'invention se soit révélée particulièrement avantageuse pour des capteurs radar, on peut bien entendu prévoir d'appliquer cette invention à des

antennes dont les capteurs élémentaires sont des hydrophones, des microphones, des transducteurs, des capteurs radioélectriques, électromagnétiques, ultrasons, accéléromètres, optiques ou infrarouges.

5

## REVENDICATIONS

1. Antenne (1) caractérisée en ce qu'elle comprend :

-une première (2) et une deuxième (3) sous-antennes :

-présentant chacune une pluralité de capteurs (21-2M, 31-3N) agencés pour former respectivement des première et deuxième portions de lignes, chaque capteur générant un signal de base ( $G_i'$ ,  $S_j'$ );

-l'angle entre des vecteurs directeurs respectifs des première et deuxième tangentes au milieu respectivement des première et deuxième portions étant compris entre  $30^\circ$  et  $150^\circ$ ;

-un dispositif de traitement d'antenne (4, 5) formant plusieurs signaux combinés ( $V_{G_i}$ ,  $V_{S_j}$ ) pour chaque portion de ligne, ce signal étant une combinaison des signaux de base des capteurs de cette portion;

-un dispositif de traitement (6,7) de signal générant des signaux utiles ( $T_{G_i}$ ,  $T_{S_j}$ ) en filtrant le bruit des signaux combinés provenant de chaque portion ;

-un dispositif de calcul (8) des coefficients de corrélation ( $[C_{ij}]$ ) entre les signaux utiles de la première portion de ligne et les signaux utiles de la deuxième portion de ligne ;

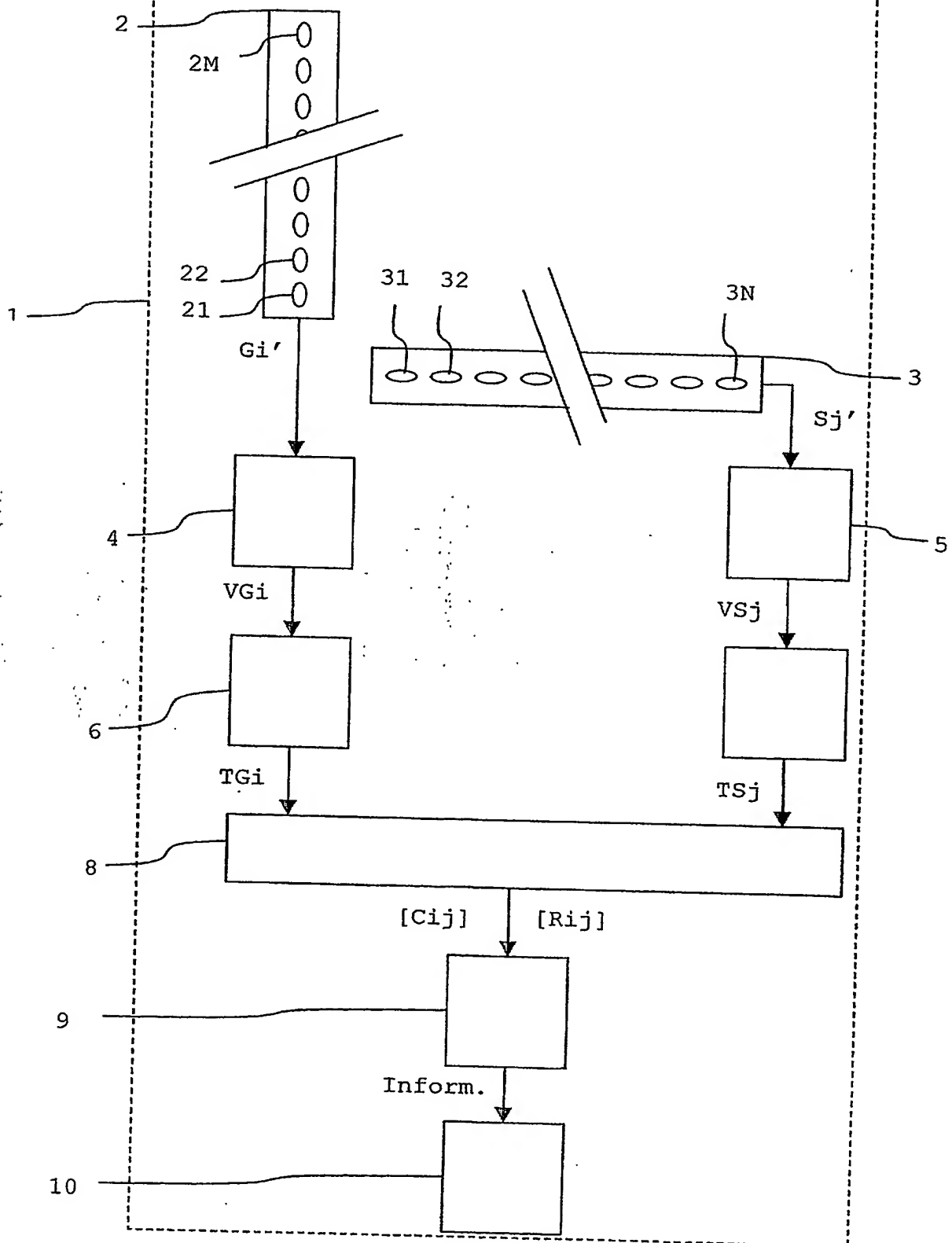
-un dispositif (8) générant un signal de détection ( $[R_{ij}]$ ) lorsqu'un coefficient de corrélation dépasse un seuil prédéterminé.

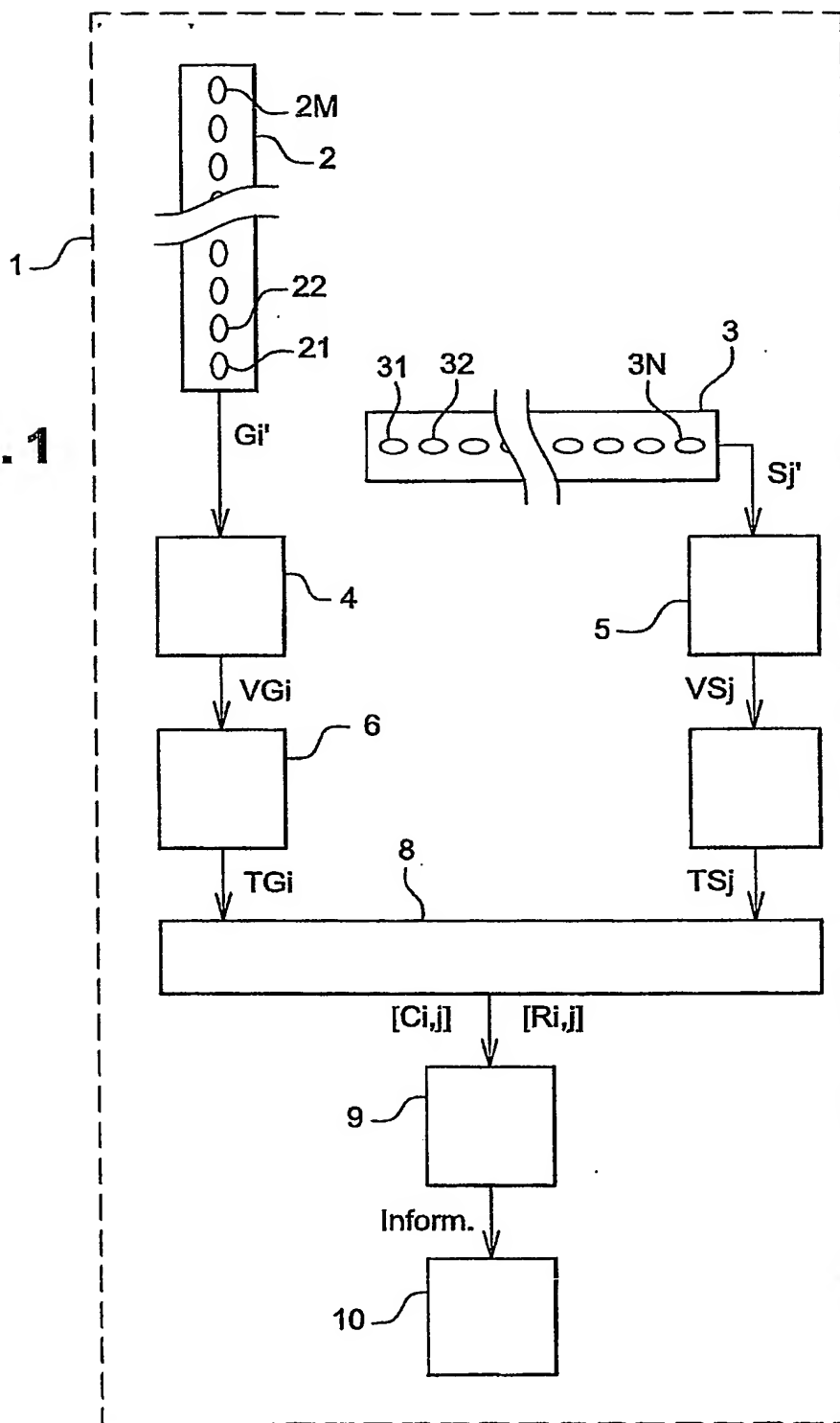
2. Antenne selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre un dispositif de détection de cible, comparant chaque coefficient de corrélation calculé à un seuil prédéfini associé, détectant et localisant une cible lorsqu'un coefficient de corrélation dépasse le seuil associé.

3. Antenne selon la revendication 2, caractérisée en ce qu'elle comprend un dispositif de traitement (9) du signal de détection et des coefficients de corrélation générant des informations concernant la cible détectée.
- 5 4. Antenne selon la revendication 3, caractérisée en ce que l'information générée comprend la distance, le site, le gisement et la vitesse de la cible.
5. Antenne selon la revendication 3 ou 4, caractérisée en ce qu'elle comprend un dispositif (10) affichant les informations générées.
- 10 6. Antenne selon l'une quelconque des précédentes, caractérisée en ce que chaque capteur comprend plusieurs capteurs élémentaires choisis dans le groupe constitué des capteurs radar, radio-électriques, électromagnétiques, hydrophones, transducteurs, microphones, ultra-son, accéléromètres, optiques ou infrarouge.
- 15 7. Antenne selon la revendication 6, caractérisée en ce que:
  - les capteurs élémentaires sont émissifs;
  - le dispositif de traitement de données traitant les signaux combinés en fonction du signal émis par chaque capteur, ce traitement comprenant par
  - 20 exemple une compression d'impulsion.
8. Antenne selon la revendication 6, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre un émetteur, le dispositif de traitement de données traitant les signaux combinés en fonction du signal émis par l'émetteur, ce traitement comprenant par exemple une
- 25 compression d'impulsion.
9. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les première et deuxième portions sont des courbes sans point d'inflexion.

10. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les première et deuxième portions sont droites et orientées respectivement en site et en gisement.
- 5 11. Antenne selon la revendication 10, caractérisée en ce que les portions droites ne sont pas parallèles.

Fig. 1



**Fig. 1**

L/T

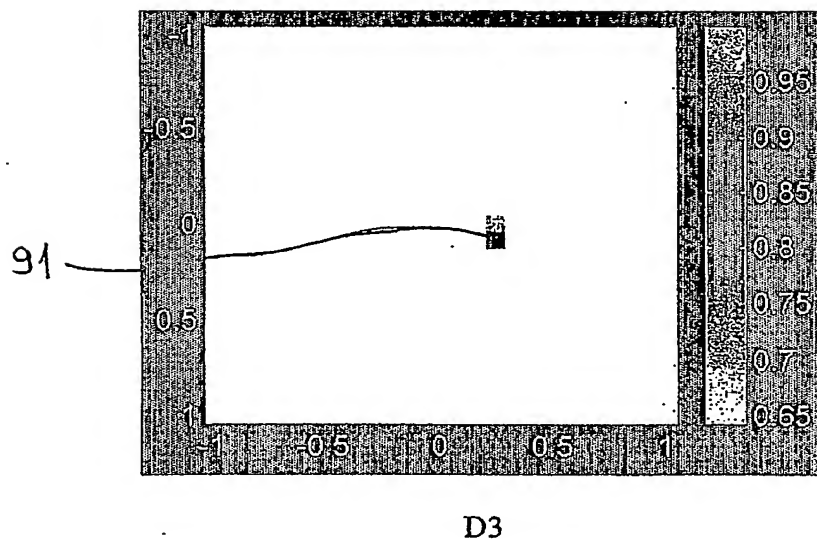
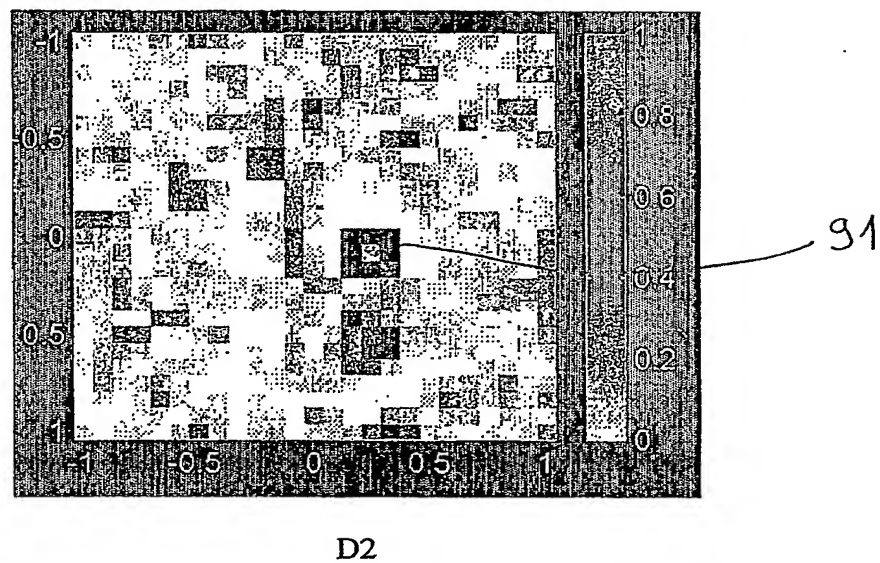
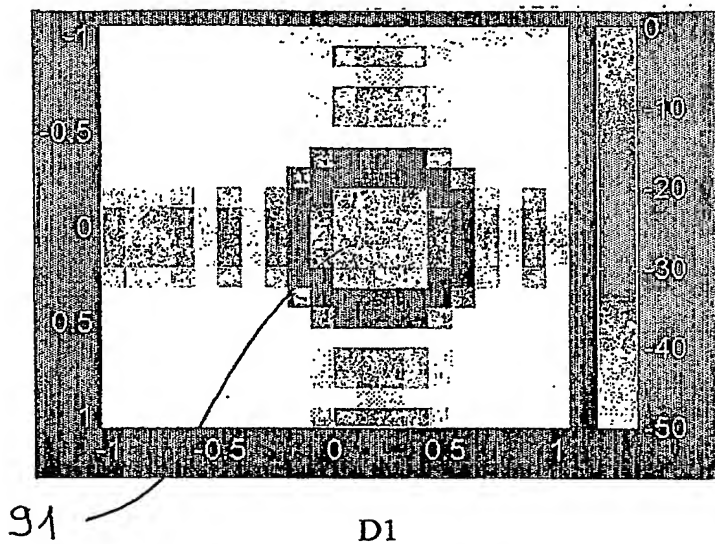
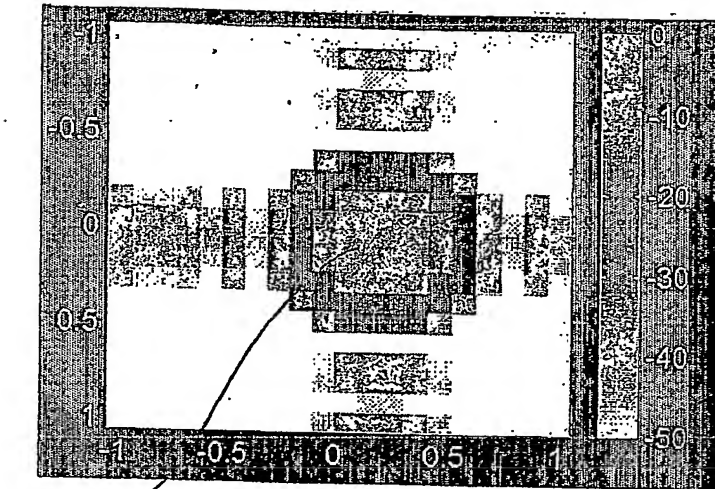
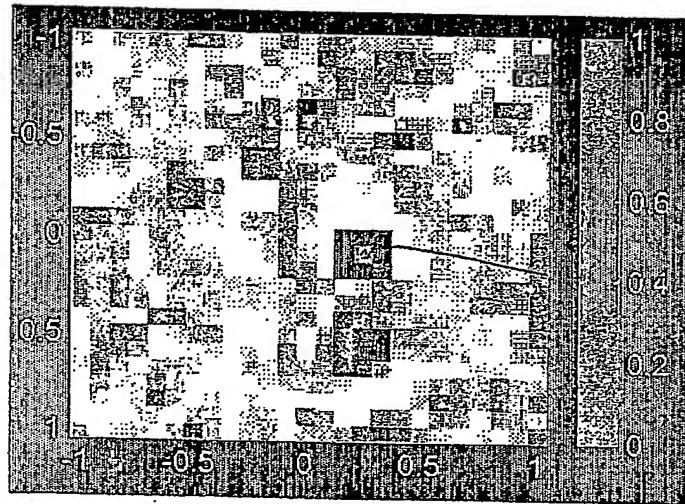


Figure 2



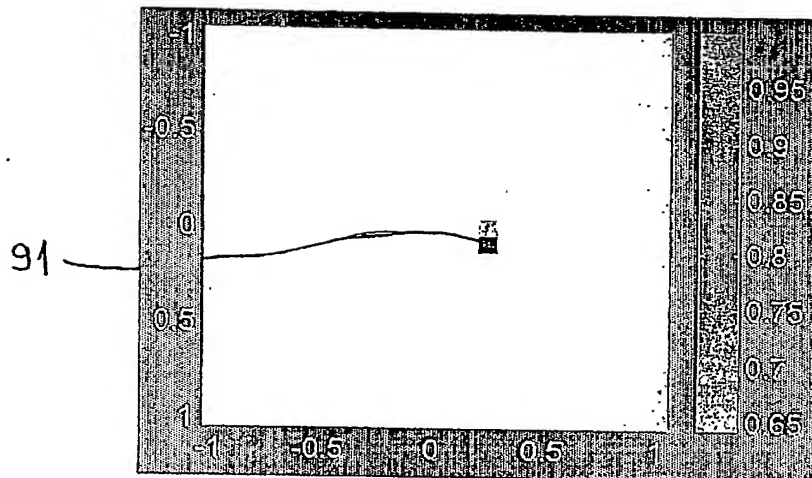
91

D1



91

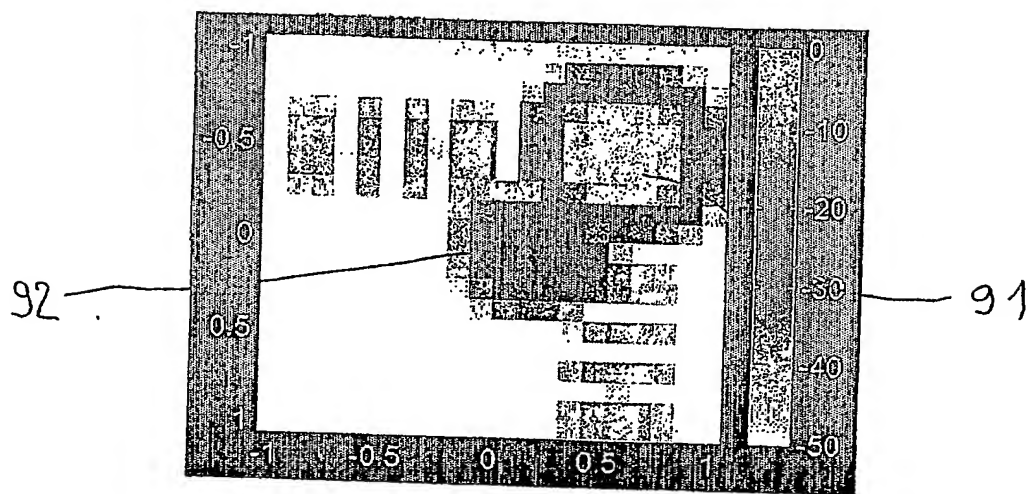
D2



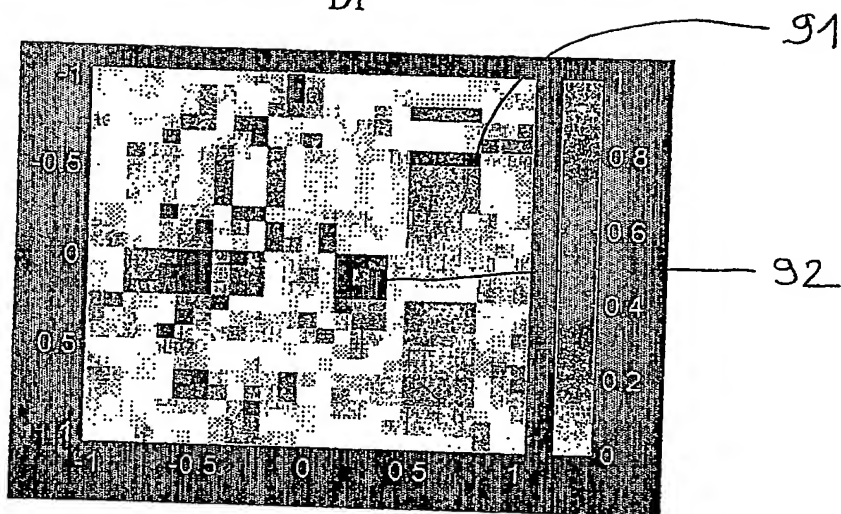
91

D3

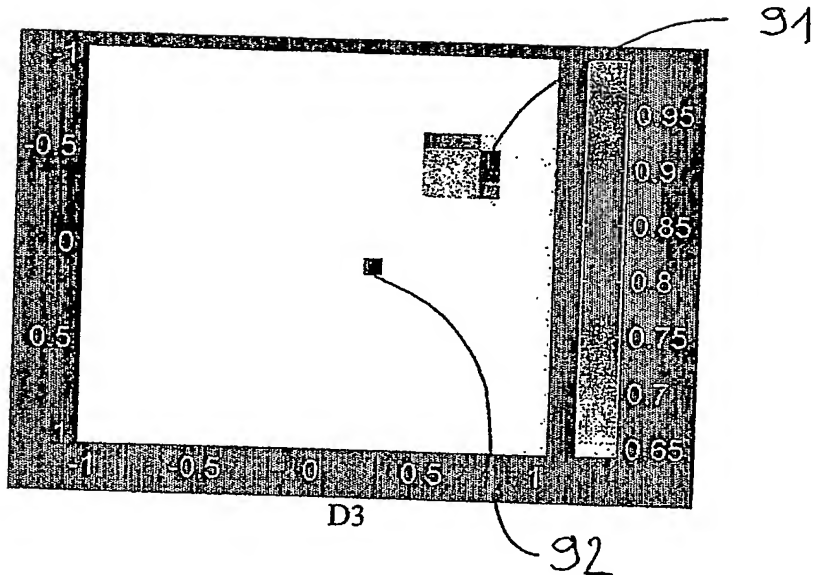
Figure 2



D1

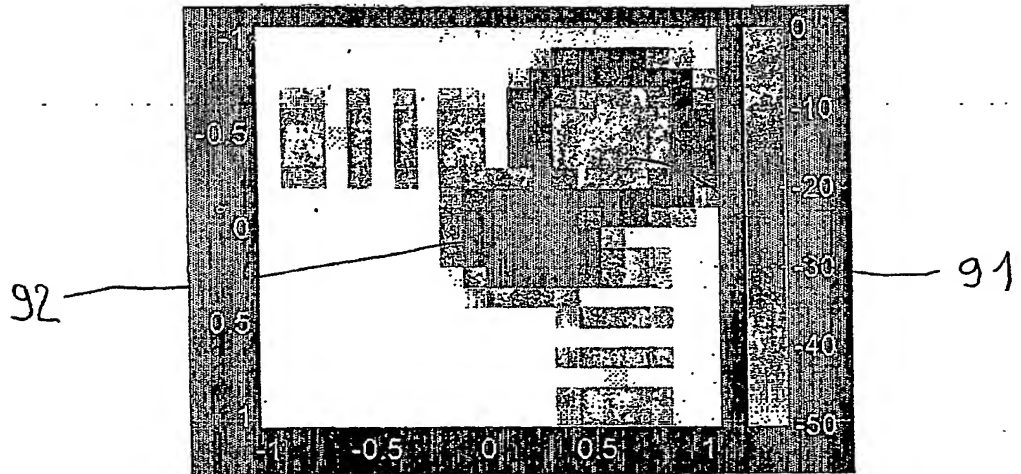


D2

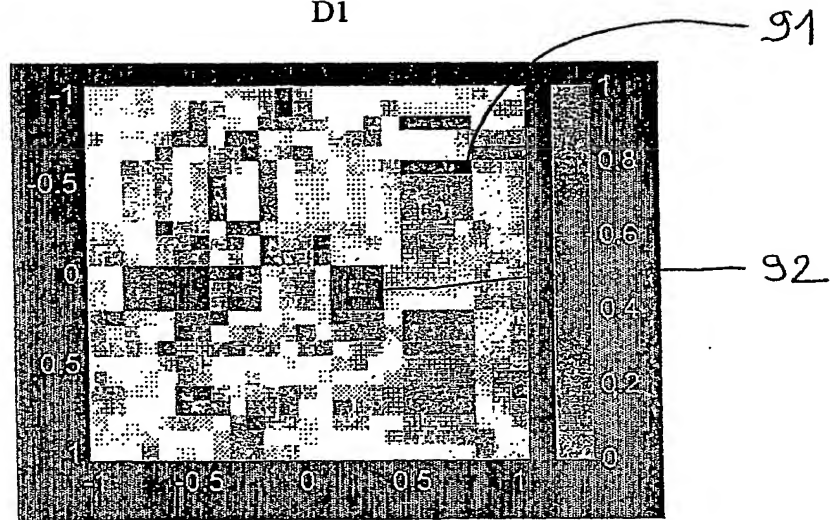


D3

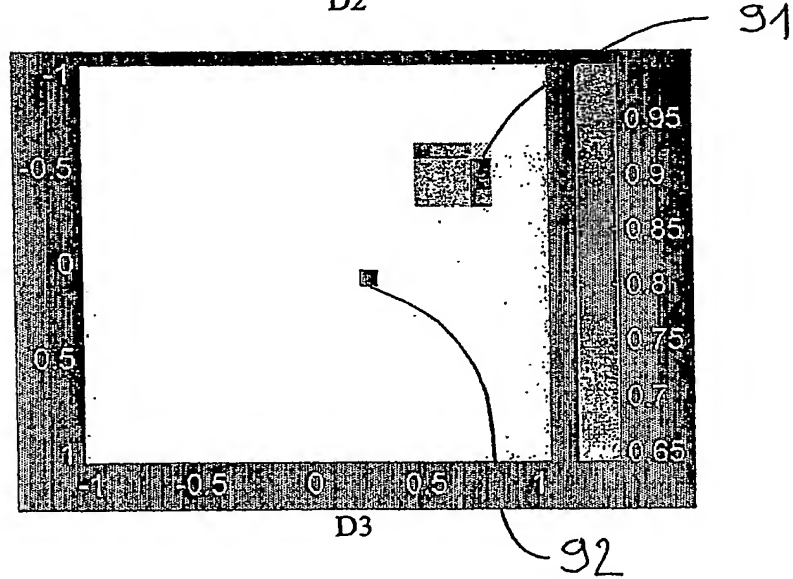
Figure 3



D1

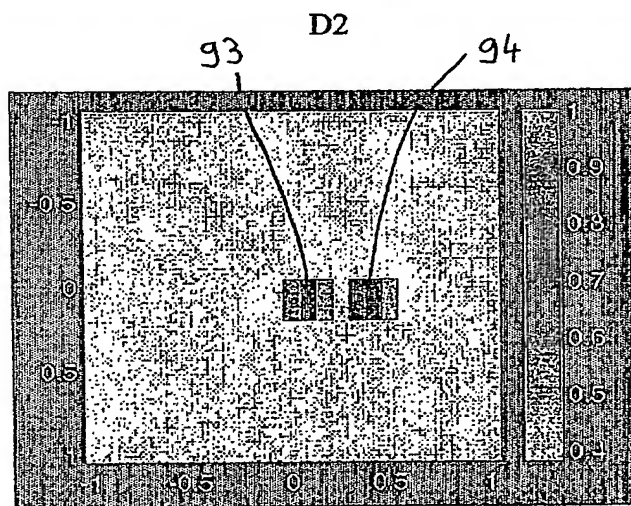
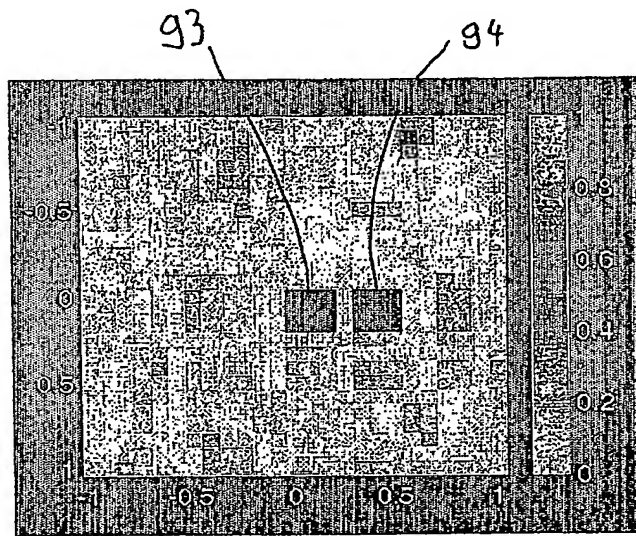
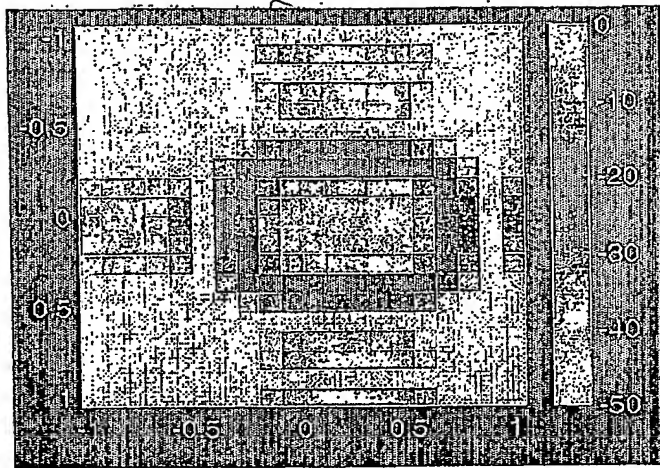


D2

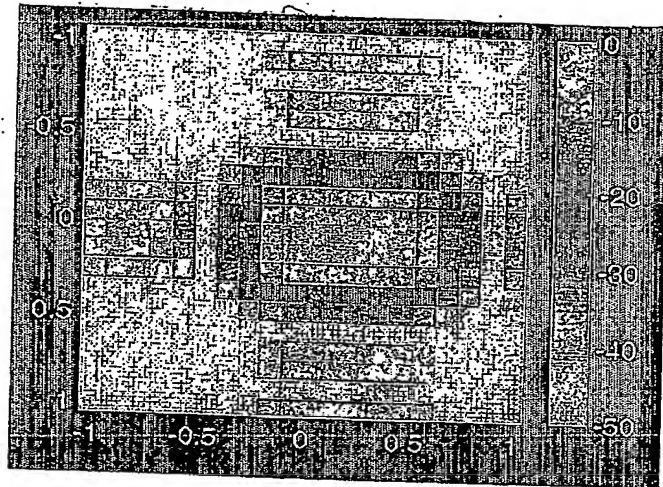


D3

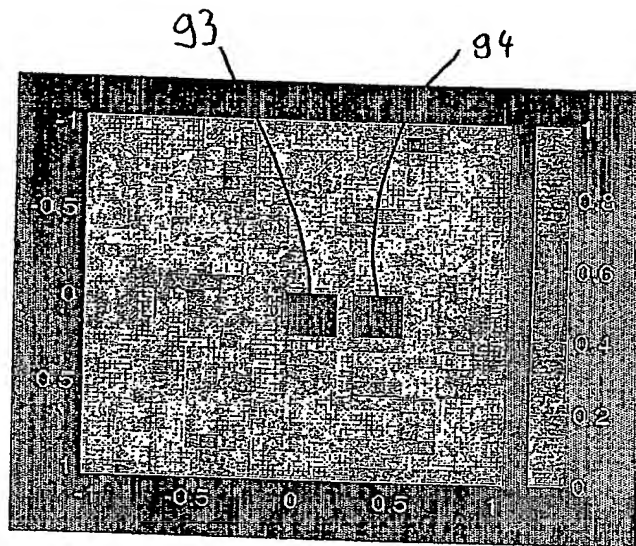
Figure 3



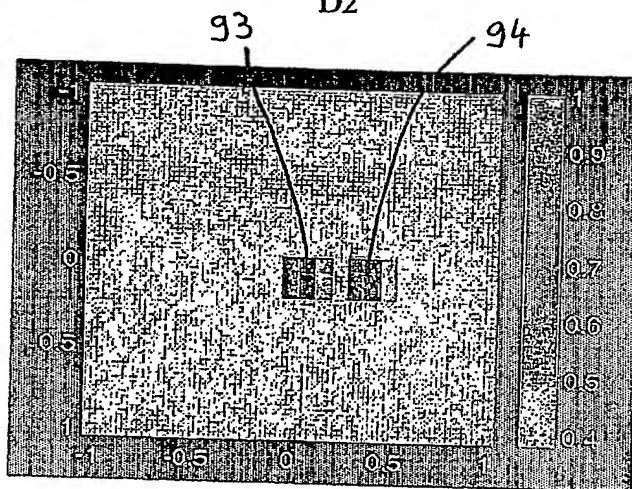
D3  
Figure 4



D1



D2



D3

Figure 4

5/7

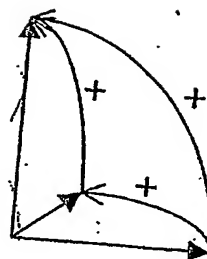
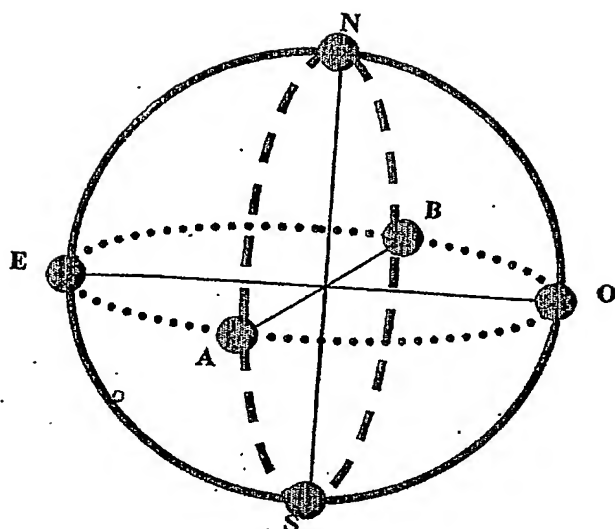


Fig. 5

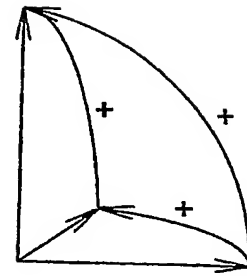
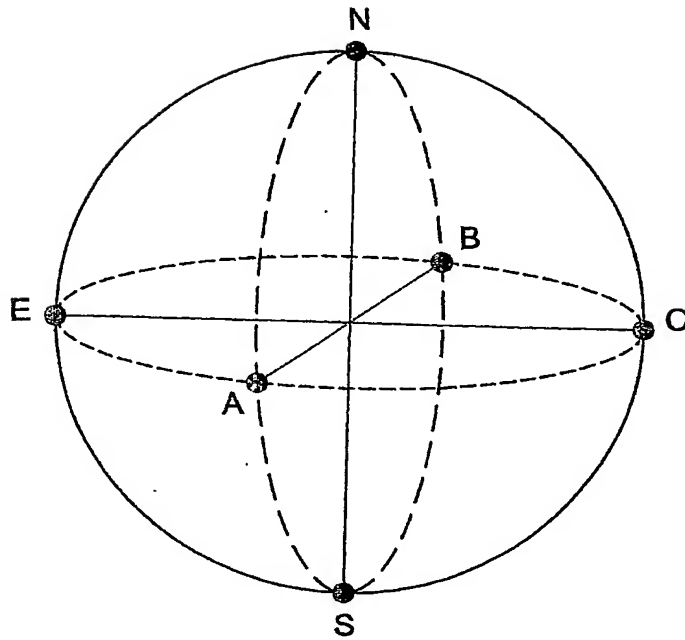


Fig. 5

6/7

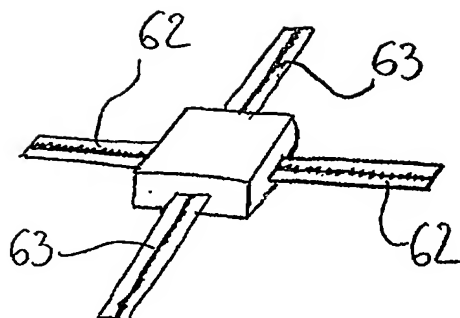
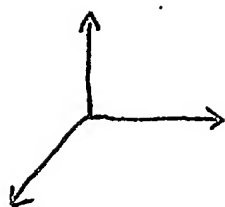


Fig. 6

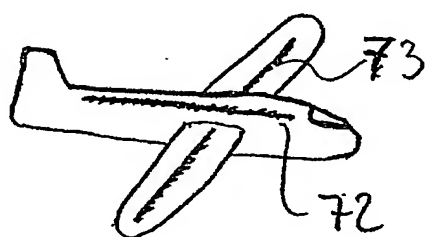


Fig. 7

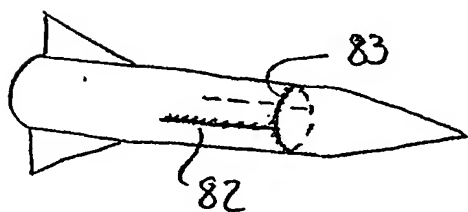


Fig. 8



Fig. 9

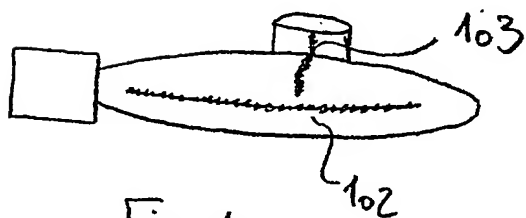
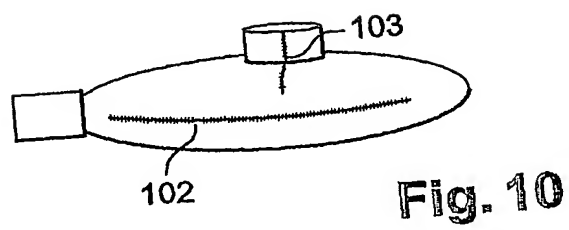
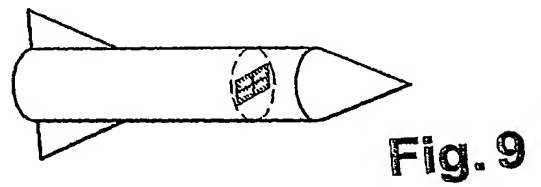
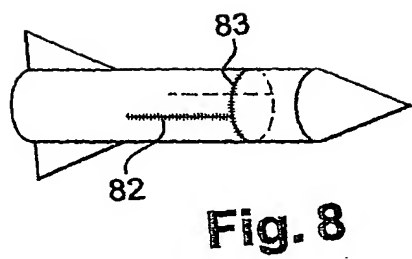
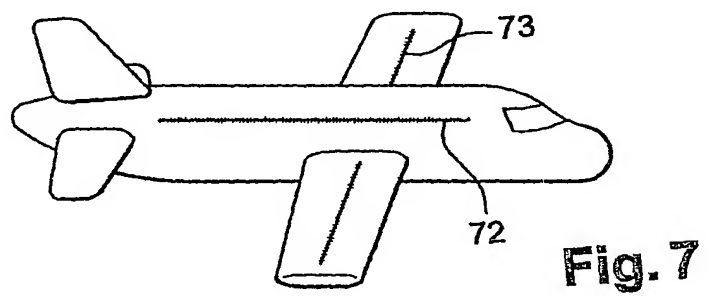
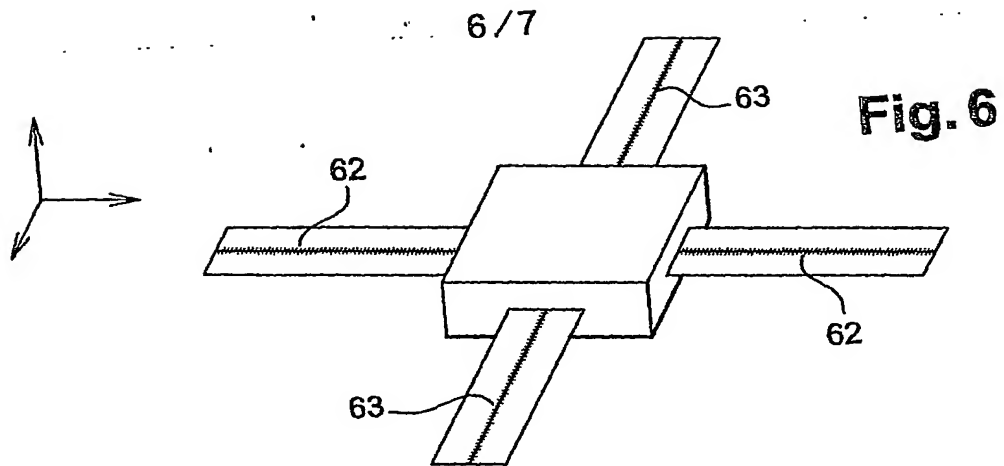


Fig. 10



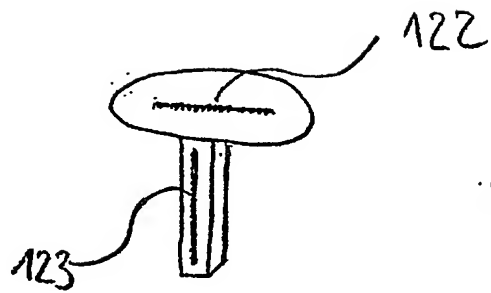
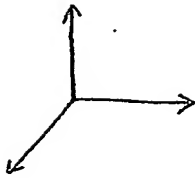


Fig. 12

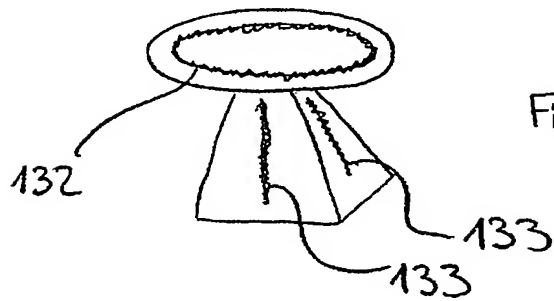


Fig. 13

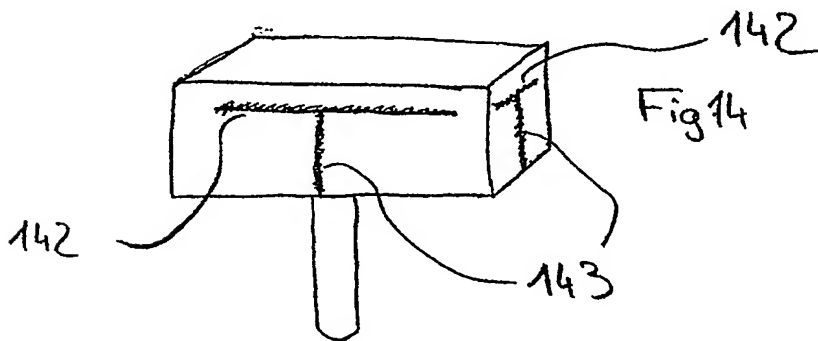


Fig. 14

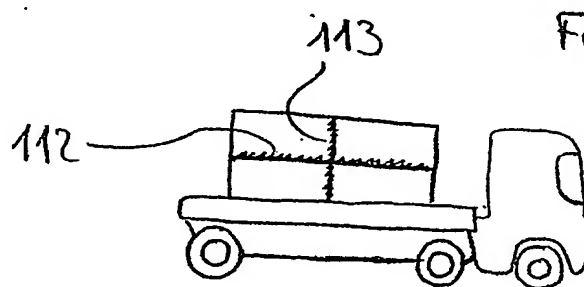
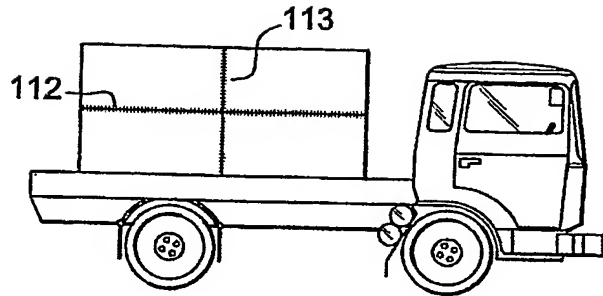
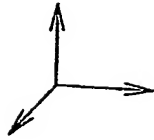
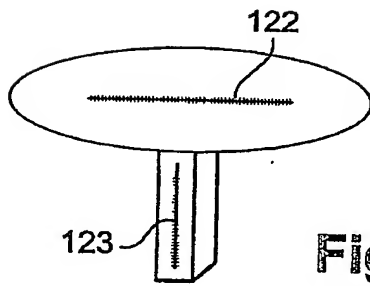


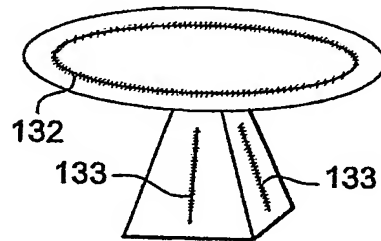
Fig. 11



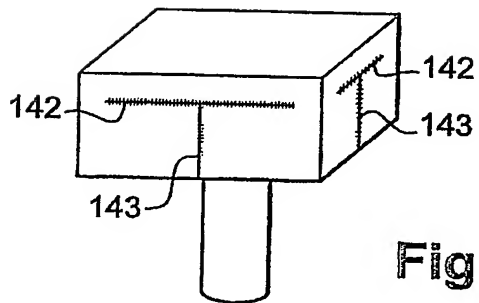
**Fig. 11**



**Fig. 12**



**Fig. 13**



**Fig. 14**

REC FR 04 2925



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**